

EL ESTADO ACTUAL DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

José Antonio Acevedo Díaz

Consejería de Educación de la Junta de Andalucía.
Inspección de Educación. Delegación Provincial de Huelva.

E-mail: ja_acevedo@vodafone.es

[Recibido en Diciembre de 2007, aceptado en Febrero de 2008]

RESUMEN(Ingles)

Este estudio revisa el estado de la cuestión respecto al estatus de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias desde un punto de vista crítico, aunque siempre manteniendo una posición favorable a su inclusión en la enseñanza de las ciencias. En primer lugar, se hace una aproximación al significado del término "naturaleza de la ciencia". Después, se resume lo realizado por la investigación hasta ahora. Por último, se describe la situación actual de las principales líneas de la investigación educativa sobre la naturaleza de la ciencia y se sugieren perspectivas para el futuro.

Palabras clave: *Naturaleza de la ciencia, estado de la cuestión, investigación educativa, didáctica de las ciencias.*

INTRODUCCIÓN

El término "naturaleza de la ciencia" (NdC en adelante) se viene propugnando como un objetivo importante de la enseñanza de las ciencias desde hace mucho tiempo en algunos países de la cultura occidental, especialmente en los anglosajones; países en los que también tiene una larga y dilatada historia de interés entre los profesionales e investigadores de didáctica de las ciencias. Así, la invocación de este objetivo ya ha cumplido un siglo en los EE.UU. (Central Association of Science and Mathematics Teachers, 1907, citado entre otros por Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Klopfer, 1992; Lederman, 1992). Mucho más recientemente, durante la pasada década de los 90, la NdC ha sido destacada como objetivo clave del currículo de ciencia escolar (Jenkins, 1996; Rudolph, 2000) y componente principal de la alfabetización científica (Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Millar, 2006) en diversos documentos de reforma de la educación científica elaborados en distintos países del mundo (McComas, Clough, y Almazroa, 1998), sobre todo en los de la cultura anglosajona o influidos por ella (EE.UU., Gran Bretaña, Canadá, Australia, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Taiwan, etc.). Tales documentos especifican claramente que el profesorado de ciencias no sólo debe enseñar de manera consistente con los actuales puntos de vista sobre la ciencia y la actividad científica, sino que debe tener el propósito de enseñar a los estudiantes determinados aspectos de la NdC. Esto supone, sin duda, una enorme e incierta tarea. Debido a ello, los expertos en didáctica de las ciencias están dedicando una atención renovada a la enseñanza de la NdC desde hace relativamente poco tiempo.

El que la NdC haya sido un objetivo permanente de la educación científica, así como que cada vez esté recibiendo más atención en los últimos años, puede interpretarse como consecuencia de que los estudiantes y la ciudadanía, en general, no tienen –y nunca han tenido– una adecuada visión de la NdC. De otra forma, puede contemplarse como un claro fracaso de la enseñanza de las ciencias practicada hasta ahora para conseguir este objetivo. La investigación realizada en la educación científica durante varias décadas apoya esta idea, y Lederman y Niess (1997, p. 1) lo manifiestan de un modo rotundo cuando dicen que *“la longevidad de este objetivo educativo solo ha sido superada por la longevidad de la incapacidad de los estudiantes para estructurar el significado del término NdC y esbozar las características de la ciencia”*.

¿Por qué es tan importante la NdC para el currículo de ciencias? Tal vez se pueda responder de manera concisa a esta pregunta tomando en consideración las razones apuntadas por Driver *et al.* (1996):

- (i) Utilitarista. La comprensión de la NdC es un requisito para tener cierta idea de la ciencia y manejar objetos y procesos tecnológicos de la vida cotidiana.
- (ii) Democrática. La comprensión de la NdC hace falta para analizar y tomar decisiones bien informadas en cuestiones tecnocientíficas con interés social.
- (iii) Cultural. La comprensión de la NdC es necesaria para apreciar el valor de la ciencia como un elemento importante de la cultura contemporánea.
- (iv) Axiológica. La comprensión de la NdC ayuda a entender mejor las normas y valores de la comunidad científica que contienen compromisos éticos con un valor general para la sociedad.
- (v) Docente. La comprensión de la NdC facilita el aprendizaje de los contenidos de las materias científicas y el consiguiente cambio conceptual.

Éstos son unos buenos motivos, desde luego, por los cuales los expertos en educación científica valoran la NdC como objetivo esencial de la enseñanza de las ciencias. No obstante, tales razones son más bien intuitivas porque tienen poco apoyo empírico hasta hoy (Lederman, 2006). Pese a ello, la comprensión de la NdC por el profesorado y el alumnado está recibiendo actualmente una atención prioritaria en la educación científica y en la investigación que se viene desarrollando en didáctica de las ciencias (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo *et al.*, 2007a; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Bell, 2005; Bell *et al.*, 2001; Hogan, 2000; Lederman, 2006; Millar y Osborne, 1998; Rudolph, 2003; Sandoval, 2005; entre otros).

Antes de proseguir con una descripción de lo realizado por la investigación educativa sobre la NdC y su papel en la enseñanza de las ciencias, es necesario hacer una breve aproximación al significado del término NdC, respecto al cual no hay una posición única en la educación científica (Alters, 1997a,b; Hipkins, Barker y Bolstad, 2005; Scharmann y Smith, 2001).

DEFINICIÓN DEL TÉRMINO “NATURALEZA DE LA CIENCIA”

La NdC es un término poliédrico que se refiere a una gran variedad de asuntos relacionados con la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia (McComas, Clough,

y Almazroa, 1998; Vázquez *et al.*, 2001). En efecto, la NdC es un metaconocimiento sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas por los especialistas en las disciplinas indicadas, así como por algunos científicos y expertos en didáctica de las ciencias (Acevedo *et al.* 2007a; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004). Ese es el núcleo del término; sin embargo, para muchos autores de didáctica de las ciencias, la NdC se refiere de manera especial a la epistemología de la ciencia y se dirige sobre todo a los valores y supuestos inherentes al conocimiento científico (Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Fernández *et al.*, 2002; Leach, Hind y Ryder, 2003; Lederman, 1992, 2006; Osborne *et al.*, 2003; Sandoval, 2005; Sandoval y Morrison, 2003; Sandoval y Reiser, 2004; Smith y Scharmann, 1999; Tsai y Liu, 2005; entre otros). En cambio, para otros autores el concepto de NdC abarca mayor diversidad de aspectos, tales como qué es la ciencia, su funcionamiento interno y externo, cómo construye y desarrolla el conocimiento que produce, los métodos que emplea para validar y difundir este conocimiento, los valores implicados en las actividades científicas, las características de la comunidad científica, los vínculos con la tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y, viceversa, las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad; esto es, la noción de NdC incluye cuestiones epistemológicas, sociológicas y psicológicas (Acevedo *et al.*, 2007a,b; Aikenhead, 2003; Allchin, 2004; Ogunniyi, 2007; Spector, Strong y Laporta, 1998; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez *et al.*, 2007a,b; entre otros).

La NdC aparece a menudo ligada a los procedimientos científicos y a la indagación científica. Esta unión ha sido una constante de la investigación educativa sobre la NdC desde el primer momento (Garritz, 2006b). No obstante, continúa siendo problemático el conocimiento detallado de esta relación en la práctica docente (Trumbull, Scarano y Bonney, 2006), lo que ha conducido a confusiones entre el profesorado. Además, se ha puesto en evidencia que una comprensión adecuada de la NdC no garantiza que el profesorado vaya a incorporar en su práctica docente una enseñanza por indagación (Akerson y Abd-El-Khalick, 2003; Roehrig y Luft, 2004). Los aspectos de la ciencia mencionados se solapan e interactúan de diversas maneras, pero es imprescindible distinguir entre ellos (Abd-El-Khalick *et al.*, 2004). Los procedimientos científicos son actividades relacionadas con la recopilación y el análisis de datos, la extracción de conclusiones, etc.; por ejemplo, la observación y la inferencia son dos procedimientos científicos. De manera mucho más compleja que cada procedimiento particular, la investigación científica implica la utilización de diversos procedimientos científicos de manera cíclica (AAAS, 1990, 1993; NRC, 1996, 2000). La NdC se refiere a los aspectos epistemológicos, sociológicos y psicológicos de las actividades de la ciencia y a las características del conocimiento resultante (Driver *et al.*, 1996). Sin embargo, hay autores que consideran que el término "naturaleza de la ciencia" puede dar lugar a confusión, aunque esté bien afianzado en la bibliografía, y sugieren que el término "naturaleza del conocimiento científico" tal vez sería más apropiado desde un punto de vista epistemológico (Lederman, 2006).

Para los autores que reducen el término NdC a la epistemología de la ciencia, la NdC se refiere básicamente a las características del conocimiento científico derivado de la investigación científica. Por ejemplo, las investigaciones sobre la NdC realizadas en la educación científica durante las dos últimas décadas por el grupo de expertos

constituido en torno al profesor Norman G. Lederman –una autoridad mundial en este campo– se han centrado en unas cuantas características del conocimiento científico y de la ciencia (véase la tabla 1), las cuales han sido destacadas en los principales documentos de reforma de la enseñanza de las ciencias en EE.UU. (AAAS, 1993; NRC, 1996; NSTA, 2000). Estos aspectos suponen un determinado consenso en torno a lo que se considera adecuado que aprendan los estudiantes de bachillerato sobre la NdC (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Khishfe y Lederman, 2006; Lederman, 1992, 1996, 2006) y también constituyen la base del cuestionario *Views on the Nature of Science* (VNOS) desarrollado por Lederman *et al.* (2002).

Algunas características de la NdC
El conocimiento científico nunca es absolutamente cierto, sino que está sujeto a cambios con nuevas observaciones y reinterpretaciones de las observaciones existentes. Las demás características de la NdC apoyan la provisionalidad del conocimiento científico.
El conocimiento científico es empírico; esto es, se basa o se deriva de observaciones del mundo natural.
La ciencia se basa en la observación y la inferencia o deducción. Las observaciones se recogen mediante los sentidos humanos y extensiones de éstos. Las inferencias son interpretaciones de esas observaciones. Los puntos de vista actuales de la ciencia y de los científicos guían las observaciones y las inferencias. Distintas perspectivas contribuyen a múltiples interpretaciones válidas de las observaciones.
El conocimiento científico proviene de la imaginación y la creatividad humanas, al menos parcialmente. El conocimiento científico se genera mediante la imaginación humana y el razonamiento lógico. Esta creación se basa en observaciones del mundo natural y en las inferencias que se hacen.
Como empresa humana, la ciencia se practica en un amplio contexto cultural y los científicos son un producto de esa cultura. De aquí se sigue que la ciencia está influida por diversos elementos y ámbitos de la sociedad y la cultura donde se inserta y desarrolla. Los valores de la cultura determinan hacia donde se dirige la ciencia, cómo lo hace, se interpreta, se acepta y se utiliza. Así mismo, la ciencia influye en la sociedad y en la cultura en la que está inserta.
El conocimiento científico es subjetivo en parte y nunca puede ser totalmente objetivo. La ciencia está influida y guiada por las teorías científicas y las leyes aceptadas. La formulación de preguntas, las investigaciones y las interpretaciones de los datos se filtran a través de la teoría vigente. Ésta es una subjetividad inevitable, pero le permite a la ciencia progresar y permanecer consistente. El examen de las pruebas anteriores desde la perspectiva del nuevo conocimiento también contribuye al cambio en la ciencia. Además, hay una subjetividad personal que también es inevitable. Los valores personales, las prioridades y experiencias anteriores dictan cómo y hacia dónde los científicos dirigen su trabajo.
La relación y diferencia entre leyes y teorías científicas. Las teorías y las leyes son diferentes tipos de conocimiento científico. Las leyes describen las relaciones, observadas o percibidas, de los fenómenos de la naturaleza. Las teorías son explicaciones inferidas de los fenómenos naturales y los mecanismos de las relaciones entre estos fenómenos naturales. Las hipótesis científicas pueden conducir a teorías o a leyes mediante la acumulación de apoyo sustancial con pruebas y la aceptación por la comunidad científica. Las teorías y las leyes no se convierten unas en otras, en un sentido jerárquico, porque ambas son tipos de conocimiento explícita y funcionalmente diferentes.

Tabla 1.- Características básicas de la NdC que deberían aprender los estudiantes según Lederman *et al.* (2002).

Las características señaladas en la tabla 1 son interdependientes. Por ejemplo, la provisionalidad del conocimiento científico proviene de la creación de ese conocimiento mediante la observación empírica y la inferencia. Cada una de estas actividades está

influida por la cultura y la sociedad donde se hace la ciencia, por el marco conceptual disponible y por la subjetividad personal de cada científico. Cuando se consideran los nuevos datos y se revisan los existentes, las inferencias realizadas en un determinado contexto pueden llevar a cambios en el conocimiento científico existente.

El listado de rasgos incluido en la tabla 1 no es completo. Otros investigadores añaden o quitan algunos aspectos (Acevedo *et al.*, 2007a; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Fernández *et al.*, 2002; Hsu, 2007; Niaz, 2001; Osborne *et al.*, 2003; Ryan y Aikenhead, 1992; Scharmann y Smith, 2001; Smith y Scharmann, 1999; entre otros). No obstante, aunque todavía existen diferentes versiones de una definición del término NdC, parece haber cierto acuerdo en la actualidad entre los expertos en didáctica de las ciencias y la comunidad internacional de científicos sobre un significado de la NdC útil para la enseñanza de las ciencias (Eflin, Glennan, y Reish, 1999; Smith *et al.*, 1999; Bell, 2005). El principal debate en torno a este consenso se centra hoy en si el significado de la NdC debe limitarse a la inclusión de la epistemología de la ciencia en la educación científica (Acevedo *et al.*, 2007b; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Lederman, 2006; Osborne *et al.*, 2001, 2003) o los contenidos deben ampliarse con aspectos esenciales de la sociología interna y externa de la ciencia, tal y como propugna el movimiento CTS para la enseñanza de las ciencias (Acevedo *et al.*, 2007a; Allchin, 2004; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez *et al.*, 2007a,b).

Una vez hecha esta aproximación básica al significado del término NdC y señaladas las dos posiciones generales que existen respecto al mismo, en la próxima sección se abordarán algunas de las principales cuestiones por las que la investigación educativa sobre la NdC se ha interesado en el pasado.

UN BREVE RESUMEN DEL DESARROLLO HISTÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y SUS RESULTADOS

De manera general, la investigación sobre la NdC en didáctica de las ciencias se ha ocupado de determinados aspectos siguiendo la siguiente secuencia histórica:

- (i) Creencias sobre la NdC de los estudiantes.
- (ii) Currículo de NdC y aprendizaje del alumnado.
- (iii) Creencias sobre la NdC del profesorado.
- (iv) Intentos para mejorar la comprensión del profesorado acerca de la NdC.
- (v) Eficacia de los enfoques de enseñanza implícita y explícita de la NdC.

Las investigaciones iniciales fueron descriptivas en esencia y estuvieron dedicadas a comprobar preferentemente si la enseñanza de las ciencias tenía éxito a la hora de proporcionar a los estudiantes unas creencias más adecuadas sobre la NdC. Los resultados fueron decepcionantes y permitieron concluir que los estudiantes tenían una comprensión muy pobre de la NdC, quizás como consecuencia de la escasa atención recibida por ésta en el currículo de ciencias. Así pues, los siguientes esfuerzos se dirigieron al desarrollo del currículo de NdC en la enseñanza de las ciencias. Entre los proyectos curriculares que se elaboraron en esa época están, por ejemplo, los

estadounidenses *History of Science Cases for High Schools* (HOSC), *The Physical Science Study Curriculum* (PSSC) y *The Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS), y diversos proyectos británicos de la fundación *Nuffield*. Estos currículos promovieron el conocimiento de la NdC de manera más bien implícita, mediante una enseñanza basada en la historia de la ciencia o en los procesos de la ciencia y la indagación, y su impacto resultó muy ambiguo, pues algunos currículos tuvieron un efecto positivo con determinados profesores pero no con otros (Bell, 2005; Lederman, 1992).

A partir de ahí, la mayoría de los investigadores establecieron como hipótesis de trabajo el papel clave del profesor en la enseñanza de la NdC. Por consiguiente, los estudios posteriores se centraron en la evaluación del conocimiento sobre la NdC del profesorado en ejercicio y en formación inicial. Se ha investigado mucho al respecto desde entonces y también sobre cómo mejorar la comprensión del profesorado acerca de la NdC. La principal hipótesis que dirigió estas investigaciones fue que los profesores no podían enseñar lo que no sabían, algo que parece obvio. Sin embargo, este enfoque de la investigación centrado en el profesor no tuvo en cuenta que la práctica docente puede ser incluso contraria a las propias creencias sobre la NdC del profesorado por diversos y diferentes motivos (Lederman, 1992). Con otras palabras, los investigadores asumieron en cierto modo que había una relación directa entre las creencias del profesorado sobre la NdC y su práctica docente, así como entre las creencias acerca de la NdC del profesorado y las de sus alumnos (Aguirre, Haggerty y Linder, 1990; Bloom, 1989; Brickhouse, 1989; Brickhouse y Bodner, 1992; Briscoe, 1991; Gallagher, 1991; King, 1991; Koulaidis y Ogborn, 1989).

Estas dos hipótesis guiaron la investigación educativa sobre la NdC durante los años 70 y 80, pero ambos supuestos fueron puestos en cuestión en los 90 (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Duschl y Wright, 1989; Lederman, 1992, 1999; Mellado, 1996, 1997; Palmquist y Finley, 19997; Tobin y McRobbie, 1997; entre otros). Los trabajos realizados en esa década permitieron concluir, por un lado, que si bien parecía necesaria una adecuada comprensión de la NdC por el profesorado, ésta era insuficiente para conseguir una mejora de las creencias de los estudiantes sobre la NdC (Abd-El-Khalick, 2001; Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Herron, Lamb y Morris, 2003), y, por otro lado, que la relación entre las creencias del profesorado sobre la NdC y su práctica docente no era tan lineal y sí en cambio mucho más compleja de lo que se había supuesto hasta entonces, pues una cosa es la visión de la NdC que tiene un profesor y otra, muy distinta, son sus creencias acerca de cómo se debe enseñar ciencias (Acevedo, 2000; Acevedo *et al.*, 2004; Acevedo, Vázquez, Paixão *et al.*, 2005; Lederman, 1999; Manassero y Vázquez, 2000). De este modo, una parte de la investigación realizada en esos años mostró que podían encontrarse profesores de ciencias con diferentes creencias sobre la NdC que llevaban a cabo prácticas de aula similares y, viceversa, profesores con creencias semejantes acerca de la NdC que actuaban en el aula con distintas prácticas docentes (Acevedo *et al.*, 2004).

Además, los intentos de clasificación de las creencias del profesorado sobre la NdC en una posición filosófica determinada resultaron ser una idea un poco simple, porque tales creencias son bastante complejas y suelen incluir rasgos de más de una de esas posiciones en muchas ocasiones (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Acevedo,

2000; Acevedo y Acevedo, 2002; Lederman, 1999; Mellado, 1996, 1997; Roehrig y Luft, 2004).

La investigación se centró entonces en la práctica docente, asumiendo al principio que si los estudiantes se involucraban en actividades científicas escolares (por ejemplo, habilidades en procedimientos de la ciencia o indagación) podían llegar a comprender la NdC de manera implícita. Esta nueva hipótesis de trabajo también ha sido puesta en cuestión por las investigaciones realizadas en la década de los 90 y en los primeros años del siglo XXI (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Lederman, Wade y Bell, 1998; Meichtry, 1992). Los resultados de tales investigaciones muestran con claridad que un enfoque explícito y reflexivo es mejor, en general, que uno implícito[1] para ayudar a estudiantes y profesores a conectar sus experiencias de aprendizaje con la NdC y reflexionar meta-cognitivamente sobre la NdC, por lo que ambos –estudiantes y profesores– pueden aprender bastante mejor determinados aspectos de la NdC (Abd-El-Khalick, 2001; Abd-El-Khalick y Akerson, 2004; Akerson y Abd-El-Khalick, 2003; Akerson, Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Akerson y Volrich, 2006; Bell *et al.*, 2003; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 1998, 2000; Dagher *et al.*, 2004; Duschl, 2000; Gess-Newsome, 2002; Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002; Kim *et al.*, 2005; Lederman *et al.*, 2001; Meichtry, 1992; Morrison, Raab e Ingram, 2008 in press; Scharmann *et al.*, 2005; Schwartz *et al.*, 2002; Southerland, Johnston y Sowell, 2006). De otro modo, si la NdC se considera un contenido de enseñanza, entonces deberá enseñarse de la misma forma que los demás contenidos de ciencias habituales.

Es necesario advertir que una enseñanza “explícita” no es sinónima de “transmisiva de un modo directo”, sino que se refiere a un enfoque que permite hacer visible la NdC en el aula mediante una cuidadosa planificación, contenidos que se desarrollan en actividades variadas en contextos adecuados y una evaluación detallada de los procesos y resultados conseguidos (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Lederman *et al.*, 2001; Schwartz y Lederman, 2002). Involucrar al alumnado en investigaciones guiadas puede proporcionar un contexto muy fructífero para mejorar las creencias de los estudiantes sobre la NdC, pero realizar este tipo de actividades no resulta eficaz sin disponer de suficientes oportunidades para reflexionar de manera explícita sobre la NdC (Flick y Lederman, 2004; Kim *et al.*, 2005); esto es, los estudiantes se deben implicar en debates que les inviten a reflexionar meta-cognitivamente acerca de lo que dicen y escriben durante sus indagaciones y sobre las implicaciones que tienen las actividades explícitas realizadas para el conocimiento resultante.

En resumen, después de aproximadamente cinco décadas de investigación, puede afirmarse que:

- (i) Los estudiantes no tienen, en general, creencias adecuadas sobre la NdC.
- (ii) Los profesores no tienen, en general, creencias adecuadas sobre la NdC.
- (iii) La NdC puede aprenderse mejor mediante una enseñanza explícita y reflexiva en diversos contextos de aprendizaje que de un modo implícito mediante actividades basadas en procedimientos de la ciencia o en “hacer ciencia” en la escuela.

(iv) Las creencias del profesorado acerca de la NdC no se trasladan necesariamente de manera automática a la práctica docente, sino que este proceso es muy complejo.

(v) Además, el profesorado no parece valorar la NdC como objetivo educativo de la misma forma que lo hace con otros contenidos más tradicionales de la asignatura.

ESTADO ACTUAL DE LAS PRINCIPALES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

La figura 1 muestra un esquema con algunas de las principales líneas de investigación que, en mayor o menor medida, se vienen desarrollando sobre la NdC en didáctica de las ciencias durante los últimos años. En unos casos, la investigación realizada es más completa y en otros claramente insuficiente; así mismo, hay ciertos aspectos sobre los que podría ser necesario revisar la investigación realizada hasta ahora. Este esquema servirá de guía para el desarrollo de esta sección, en la que también se plantean diversos interrogantes que tal vez deberían ser objeto de investigación en el futuro.

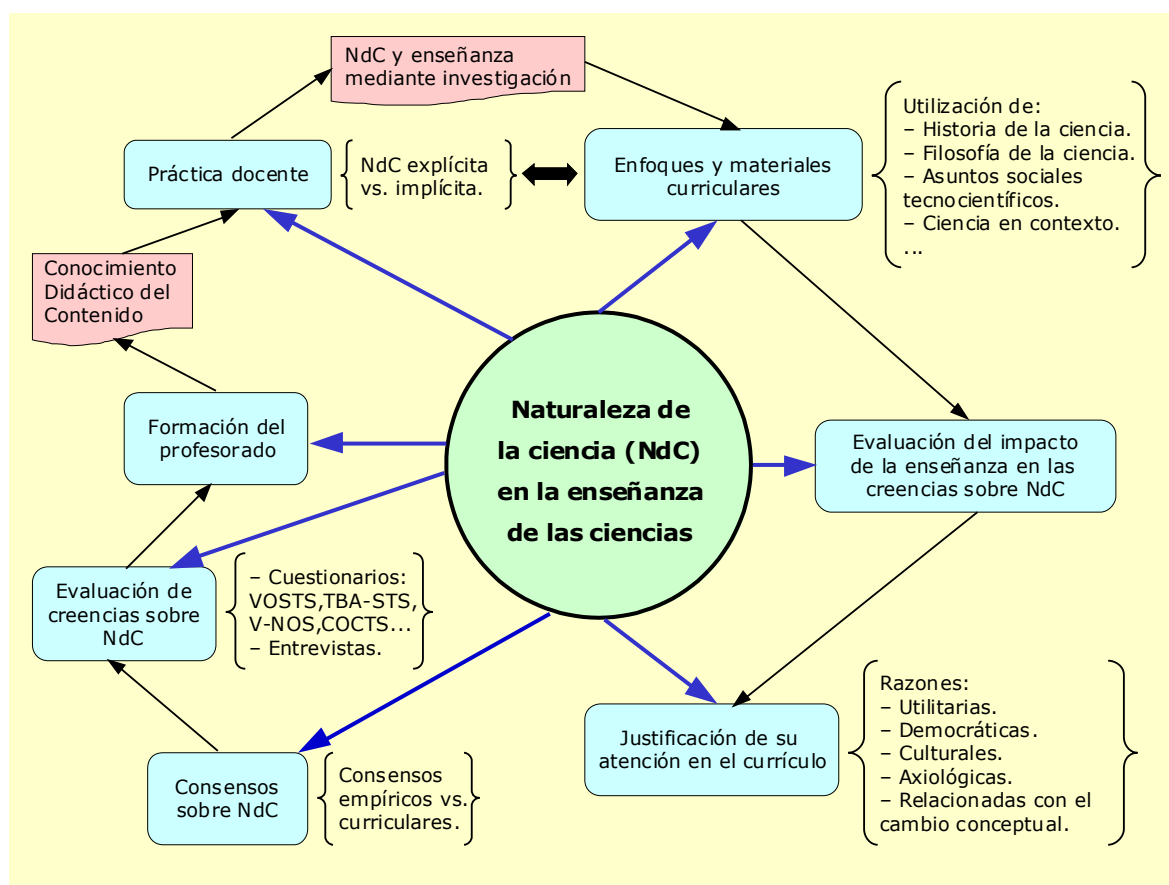


Figura 1.- Líneas de investigación de didáctica de las ciencias relacionadas con la naturaleza de la ciencia.

Casi todas las líneas de investigación indicadas en el esquema se relacionan entre sí y son necesarias para llevar a cabo las demás, formando una compleja malla. Así, por ejemplo, el consenso sobre la NdC obtenido empíricamente, o el que proviene del análisis de los documentos curriculares, es necesario tanto para realizar una adecuada

evaluación de las creencias del profesorado o del alumnado sobre la NdC como para evaluar el impacto de la enseñanza en la mejora de la comprensión sobre la NdC. A la vez, la evaluación de la incidencia de la enseñanza practicada permite revisar las razones que suelen darse para justificar la presencia de la NdC en el currículo de ciencia escolar. Los apartados siguientes resumen el estado actual de la investigación respecto a diversos tópicos de NdC, así como algunas cuestiones importantes a las que la didáctica de las ciencias debería intentar dar respuesta en los próximos años.

1. Razones para la inclusión de la NdC en la enseñanza de las ciencias

Como se ha indicado en la introducción, la investigación realizada hasta el presente sobre este asunto es bastante escasa e incompleta, por lo que urge su desarrollo. Así ocurre, por ejemplo, respecto a las razones democrática y docente mencionadas por Driver *et al.* (1996). Se trata, por tanto, de una línea de investigación que permitiría mejorar la información sobre el papel de la NdC en el currículo de ciencia escolar.

Un motivo sugestivo que suele esgrimirse a menudo para la inclusión de la NdC en el currículo de ciencia escolar es el democrático; esto es, que un conocimiento adecuado de la NdC facilita la realización de mejores análisis de las cuestiones tecnocientíficas controvertidas con interés personal y social e informarse mejor sobre los asuntos que se abordan en esas cuestiones, así como contribuir a una mejora de las características y la calidad de las decisiones que se toman al respecto. A pesar de que cada vez se le está prestando más atención a este argumento (Abd-El-Khalick, 2003; Acevedo, 2006; Acevedo *et al.*, 2004; Acevedo, Vázquez, Martín-Gordillo *et al.*, 2005; Acevedo, Vázquez, Paixão *et al.*, 2005; Albe, 2007; Albe y Simonneaux, 2003; Bell, 2003; Bell y Lederman, 2000, 2003; Hanley, Ratcliffe y Osborne, 2007; Khishfe, 2006; Kolstø, 2001; Kolstø y Mestad, 2005; Lee, 2008 in press; Liu, 2007; Sadler, Chambers y Zeidler, 2004; Simmons y Zeidler, 2003; Walker y Zeidler, 2007; Zeidler *et al.*, 2002), lo cierto es que apenas se han hecho suficientes investigaciones empíricas para comprobar su veracidad o, al menos, su verosimilitud (Sadler, 2004; Walker y Zeidler, 2007).

Los escasos resultados empíricos disponibles hasta hoy no son concluyentes en el sentido esperado, e incluso algunos apuntan más bien en un sentido contrario. Así, en una investigación con una muestra de profesores de universidad (científicos y no-científicos), Bell y Lederman (2000, 2003) han encontrado que la comprensión de la NdC no parece influir demasiado en estos asuntos, lo que ha llevado al primero de los autores a preguntarse si el argumento democrático no será un sueño imposible más que una auténtica posibilidad (Bell, 2003). En esta misma línea, un trabajo muy reciente de Walker y Zeidler (2007) muestra que estudiantes con una comprensión aceptable del carácter provisional, creativo, subjetivo y social de la ciencia, no utilizan esos conocimientos de NdC en debates relativos a cuestiones sociocientíficas sobre alimentos transgénicos dentro de un contexto de enseñanza por indagación, sino que recurren a hechos que la mayoría de las veces conducen a razonamientos falaces e incluso a enfrentamientos personales. Este resultado lleva a los autores a proponer el diseño de un enfoque de las cuestiones sociocientíficas en la ciencia escolar orientado a la exploración de aspectos de la NdC, con el propósito de motivar a los estudiantes a aplicar mucho más sus creencias y conocimientos sobre NdC en la toma de decisiones; una propuesta que ya había sido sugerida de algún modo por Abd-El-Khalick (2003).

De otra manera, las cuestiones sociocientíficas pueden proporcionar un contexto bastante adecuado para la enseñanza de la NdC (Bell y Matkins, 2003; Ibáñez-Orcajo y Martínez-Aznar, 2007; Lee, 2008 in press; Sadler, Chambers y Zeidler, 2002; Zeidler *et al.*, 2007), pero parece que las creencias acerca de la NdC tienen un papel poco decisivo, de una manera espontánea, en los razonamientos y argumentos de las personas a la hora de tomar decisiones sobre estos asuntos controvertidos, por lo cual se considera necesario su tratamiento explícito y reflexivo en este tipo de contextos (Khishfe y Lederman, 2006, 2007; Matkins *et al.*, 2002). Además, la relevancia de los factores no-epistémicos en estas controversias quizás podría reducir la incidencia del papel de los aspectos más epistemológicos en las mismas (Acevedo, 2006; Walker y Zeidler, 2007), lo que apunta a favor de considerar una perspectiva mucho más amplia de la NdC, tal y como sostiene el movimiento CTS. En consecuencia, también es necesario prestar atención a otros aspectos, tales como los valores culturales y morales, los aspectos sociales y las experiencias personales en la resolución de estas cuestiones complejas (Aikenhead, 1985; Akerson y Buzzelli, 2007a,b; Akerson, Buzzelli y Donnelly, 2008 in press; Fensham, 2002; Fleming, 1986a,b; Grace y Ratcliffe, 2002; Lee, 2008 in press; Zeidler *et al.*, 2002, 2005, 2007) o el pensamiento crítico (Sadler, Chambers y Zeidler, 2002; Vieira, 2003; Vieira y Martins, 2005).

Otro de los argumentos que suele usarse para justificar la enseñanza de la NdC es la razón docente, según la cual una mayor comprensión de la NdC por los estudiantes les permitirá mejorar su rendimiento en el aprendizaje de los demás contenidos científicos y facilitar así una evolución conceptual progresiva (Bell, 2005). La confirmación de esta hipótesis, y de otras relacionadas con los pretendidos valores de la NdC como objetivo importante de la enseñanza de las ciencias, aún está pendiente de un examen más sistemático y es necesario que se le preste más atención de la recibida hasta ahora en la investigación. Por ejemplo, habría que investigar a fondo si los estudiantes deben aprender que los puntos de vista sobre los temas científicos se indagan a través de la óptica de la NdC. A fin de cuentas, podría suceder que el principal valor –o quizás el único posible– de la enseñanza de la NdC fuera dotar a los estudiantes de una mejor comprensión de la ciencia como disciplina. Ciertamente, éste es un asunto de relieve sobre el que se sabe bastante poco hasta ahora (Lederman, 2006).

2. Consensos empíricos sobre la NdC

Aunque puede resultar útil, no es suficiente el consenso sobre la NdC obtenido a partir del análisis de los documentos curriculares correspondientes a las reformas de la enseñanza de las ciencias puestas en práctica en diversos países (véanse, p.e., Felske, Chiappetta y Kemper, 2001; McComas, Clough, y Almazroa, 1998; McComas y Olson, 1998). Como consecuencia de ello, unas pocas investigaciones recientes se han ocupado de establecer consensos empíricos sobre NdC por métodos distintos (Acevedo *et al.*, 2007a,b; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Hsu, 2007; Osborne *et al.*, 2001, 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004; Vázquez *et al.*, 2007a,b). Así mismo, es importante que los consensos se consigan en positivo (creencias adecuadas sobre la NdC) y en negativo (creencias inadecuadas, mitos o visiones deformadas sobre la NdC), puesto que ambos son complementarios. Sin embargo, como se ha mencionado más arriba, todavía queda por resolver si el consenso sobre NdC debería limitarse a la epistemología de la ciencia o incluir también diversos aspectos de las

dimensiones correspondientes a la sociología interna y la sociología externa de la ciencia.

3. Evaluación de creencias sobre la NdC

Aunque las creencias del profesorado y del alumnado sobre la NdC se han investigado con profusión en muchos países, lo realizado en esta línea debería ser ampliado. Por ejemplo, sería importante evaluar de manera sistemática las creencias sobre la NdC de otros auditorios, tales como científicos (Schwartz, 2004; Schwartz y Lederman, 2004, 2005, 2006a,b, 2008 in press; Yore, Hand y Florence, 2004; Yore *et al.*, 2006), técnicos de laboratorio y ayudantes de enseñanza de las ciencias (Hanuscin, Akerson y Phillipson-Mower, 2006), profesionales de la didáctica de las ciencias en ejercicio y en formación inicial (Irez, 2006) y personas adultas en general.

Por otra parte, apenas se ha investigado con cierto detalle la influencia de la visión del mundo[2] en las creencias acerca de la NdC, con la notable excepción, quizás, de los trabajos realizados por Cobern (1993, 2000) o por Staver (2000). En esta misma línea, Tsai (2001) ha sugerido la existencia de una relación subyacente entre las creencias epistemológicas de las personas sobre la ciencia y sus visiones del mundo. Así mismo, un reciente estudio de Liu y Lederman (2007) ha aportado información respecto a las concepciones de un grupo de futuros profesores de ciencias de Taiwan sobre la NdC y sus puntos de vista acerca de la relación de las personas con el mundo natural. Los resultados de este último trabajo muestran una clara interacción entre las creencias socioculturales de los participantes y sus concepciones sobre la NdC. Este tipo de investigaciones tienen gran interés para la enseñanza de la NdC desde una perspectiva transcultural, pues es muy probable que se produzca un importante choque entre ciertas formas culturales de entender el mundo y los puntos de vista de la civilización occidental para describir la NdC (Abd-El-Khalick y Akerson, 2004; Haidar, 1999, 2000).

Algunos trabajos recientes se han ocupado de estudiar la relación entre las creencias de los estudiantes acerca de la NdC y sus creencias sobre la enseñanza de la NdC (Chen y Chen, 2005) y los modelos de aprendizaje de la ciencia (Tsai, 2000). Desde una perspectiva de la complejidad, se ha continuado investigando la relación de las creencias del profesorado sobre la NdC con sus creencias respecto a la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia (Kwan y Wong, 2007; López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2006; Tsai, 2002; Waters-Adams, 2006), con la planificación, organización y desarrollo de las clases de ciencias (Akçay, 2006; Kwan y Wong, 2007; Tsai, 2007; Waters-Adams, 2006) y con las creencias sobre la NdC de sus propios alumnos (Lidar, Lundqvist y Östman, 2006; Tsai, 2007). Así mismo, se ha estudiado la relación entre las actitudes del profesorado hacia la filosofía de la ciencia y los contextos de aula, la cualificación académica y la formación recibida (Gwinbi y Monk, 2003).

Si se comparan con los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas en la década de los 90, algunos de los artículos de Tsai citados muestran mucha más coherencia en todos los aspectos estudiados, excepto respecto a las creencias epistemológicas sobre la ciencia que desarrollan los estudiantes, donde la coherencia no es tan grande. Sin embargo, estos trabajos siguen presentado la dificultad de la clasificación de los participantes en una posición epistemológica u otra; una idea que,

como ya se ha mencionado aquí, podría ser algo simple debido a la complejidad de este tipo de creencias, por lo que tal vez solamente pueda hablarse con propiedad de tendencias en vez de otra cosa. En otro orden, Gwinbi y Monk (2003) han encontrado que la relación de la actitud del profesorado hacia la filosofía de la ciencia es mayor con los contextos de aula que con las demás variables de su estudio. Por último, es importante destacar que Waters-Adams (2006) concluye su estudio señalando que la comprensión de la NdC, aunque sea importante, solo es un elemento más del conjunto de factores que interviene en un asunto tan complejo como es la práctica docente y, quizás, no es el factor más importante de todos, algo que ya se había anticipado como hipótesis en trabajos anteriores (Acevedo *et al.*, 2004; Acevedo, Vázquez, Paixão *et al.*, 2005; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Mellado y González, 2000; Roehrig y Luft, 2004). En definitiva, algunas de las investigaciones realizadas en esta línea durante los últimos años han intentado aclarar las complejas cuestiones que plantean y han contribuido a ello en parte, pero todavía quedan demasiados interrogantes por resolver.

Para finalizar este apartado, hay que mencionar lo relativo a la mejora de los aspectos metodológicos. Además de las técnicas propias de una metodología cualitativa, tales como entrevistas estructuradas y semi-estructuradas, redacciones sobre un tema abierto, observación participante, elaboración de mapas conceptuales, etc., se dispone de diversos cuestionarios para la evaluación de creencias sobre la NdC. Por ejemplo, Lederman *et al.* (2002) han desarrollado varias versiones del *Views of Nature of Science Questionnaire* (V-NOS), un cuestionario que está en sintonía con los puntos de vista de varios documentos fundamentales para la reforma de la enseñanza de las ciencias en EE.UU. (AAAS, 1990, 1993; NRC, 1996; NSTA, 2000). El uso del V-NOS se suele combinar en la práctica con la realización de entrevistas (Lederman *et al.*, 2001) y mapas conceptuales (Borda *et al.*, 2006, 2007a,b). Así mismo, Lee y Urn (2002) han elaborado un conjunto de ítems para medir el progreso de los estudiantes en el conocimiento de la NdC, mientras que Tsai y Liu (2005) han preparado y validado un instrumento para la evaluación de cinco dimensiones de las creencias epistemológicas sobre la ciencia de profesores y estudiantes de bachillerato: (i) el papel de negociación social en la ciencia, (ii) la realidad inventada y creativa de la ciencia, (iii) la exploración cargada de teoría de la ciencia, (iv) los impactos culturales en la ciencia y (v) la característica cambiante de la ciencia; instrumento que ha sido aplicado recientemente a estudiantes de carreras científicas –incluidos de educación científica– y no científicas (Liu y Tsai, 2008 in press).

Otro conjunto de cuestionarios ha sido desarrollado empíricamente de acuerdo con una perspectiva CTS más amplia de la comprensión de la NdC. La mayoría de ellos se derivan del *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS), elaborado por Aikenhead, Ryan y Fleming (1989). Entre los principales miembros de esta saga están el *Teacher's Belief about Science-Technology-Society* (TBA-STs) de Rubba y Harkness (1993), el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS) de Manassero, Vázquez y Acevedo (2001, 2003) y el *Views on Science and Education Questionnaire* (VOSE) de Chen (2006a,b); este último no solo evalúa creencias sobre la NdC, sino también actitudes ante la educación científica de cuestiones relativas a la NdC. Los cuestionarios desarrollados empíricamente son instrumentos normalizados

que pueden constituir una alternativa válida a las entrevistas, en particular cuando se evalúan muestras muy grandes y para hacer estudios comparativos internacionales (Vázquez *et al.*, 2006). En cualquier caso, resultan un complemento eficaz de las entrevistas, sobre todo cuando desde hace poco tiempo se ha conseguido perfeccionar la metodología para valorar las respuestas a los ítems de las cuestiones de este tipo de instrumentos, con el fin de sacar más partido de ellos en la evaluación de actitudes y creencias sobre la NdC (Acevedo *et al.*, 2001). En este sentido, se ha progresado mucho desde el limitado modelo de respuesta única que se utilizaba al principio (Rubba, Schoneweg-Bradford y Harkness, 1996) hasta otro de respuesta múltiple, mucho más potente, que permite la utilización de la estadística inferencial (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2004; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005, 2006).

4. Formación del profesorado y práctica docente de la NdC

La formación del profesorado para la enseñanza de la NdC es un aspecto fundamental de la didáctica de las ciencias. Se considera necesario hacer un tratamiento explícito y reflexivo de los contenidos de NdC en los programas de formación del profesorado. Sin embargo, todavía se sabe bastante poco respecto a cómo se modifican las creencias del profesorado sobre la NdC de un modo realmente eficaz. Aunque algunas creencias parecen evolucionar más fácilmente que otras, la comprensión adquirida en los cursos suele ser más frágil de lo deseable y no se retiene con el paso del tiempo en todos los casos (Akerson, Morrison y McDuffie, 2006; Lederman, 2006). Por tanto, se necesitan más estudios sistemáticos para lograr un buen conocimiento de este asunto. Además, aunque los profesores lleguen a conseguir una adecuada comprensión de la NdC, aún quedaría pendiente de resolver el conocimiento detallado de los factores que impiden o dificultan su traslación a la práctica docente y la correspondiente transposición didáctica.

Probablemente, muchos de los factores generales que impiden o dificultan la puesta en práctica de la NdC en la enseñanza de las ciencias son los mismos que dan lugar a las resistencias que surgen frente a las innovaciones y reformas educativas (Acevedo, 1996), sobre todo cuando éstas se implantan siguiendo un modelo jerárquico que va de los responsables de la política educativa y diseñadores del currículo normativo al profesorado, sin contar verdaderamente con él ni proporcionarle una formación eficaz para ello (Oliva y Acevedo, 2005). Entre esos factores se han señalado: inexperiencia docente, falta de confianza en sí mismo para afrontar nuevos contenidos, incapacidad para organizar y gestionar pedagógicamente el aula, percepción de poca motivación y capacidad en los estudiantes, ausencia de orientaciones claras y de materiales curriculares adecuados, poco conocimiento de la evaluación de los nuevos contenidos, escaso tiempo disponible, presión para cubrir todos los contenidos del temario y otras restricciones institucionales y administrativas (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Bartholomew, Osborne y Ratcliffe, 2004; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Brickhouse y Bodner, 1992; Duschl y Wright, 1989; Hodson, 1993; Lederman, 1999; Lederman *et al.*, 2001; Schwartz y Lederman, 2002; entre otros).

Por otro lado, se sabe un poco menos acerca de otras dificultades más específicas y las intenciones del profesorado para llevar la enseñanza de la NdC a las aulas, así como de sus experiencias y prácticas docentes respecto a la NdC. Para abordar estas

cuestiones, resulta necesario investigar sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC en lo sucesivo) [3] para la enseñanza de la NdC –CDC-NdC en adelante– (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Kim *et al.*, 2005; Kwan y Wong, 2007; Lederman *et al.*, 2001; Schwartz y Lederman, 2002), tal y como viene sucediendo desde la década de los 90 con el CDC para la enseñanza de otros contenidos científicos más habituales (Gess-Newsome y Lederman, 1999).

Como ya se ha mencionado, la NdC se considera actualmente un contenido importante en muchos documentos curriculares de enseñanza de las ciencias e incluso se le está empezando a prestar cierta atención en las recientes evaluaciones internacionales de la alfabetización científica como, por ejemplo, PISA 2006 (Acevedo, 2005, 2007; OECD, 2006). Si se asume que la NdC debe ser como cualquiera de los demás temas de ciencias que los profesores pueden enseñar y los estudiantes deben aprender, habrá que plantearse que el profesorado necesita desarrollar un CDC-NdC específico (Akerson y Volrich, 2006; Nam, Mayer y Choi, 2007; Kim *et al.*, 2005; Lederman *et al.*, 2001). Sin embargo, todavía se sabe muy poco sobre cómo el profesorado puede conseguir semejante desarrollo y respecto a si el CDC-NdC está relacionado con el conocimiento de la organización de los demás temas de ciencias. De otra forma, la relación entre las creencias del profesorado sobre la NdC, la temática de la materia y los aspectos didácticos aún no ha sido suficientemente aclarada y apenas se han hecho investigaciones sobre la enseñanza de la NdC desde la perspectiva del CDC. Esta línea de investigación podría proporcionar una información fundamental sobre la planificación y la calidad de las actividades de desarrollo profesional del profesorado de ciencias centradas en la enseñanza de la NdC. Además, en la bibliografía sobre el CDC hay más de un ejemplo que ilustra cómo ciertos temas de la asignatura influyen en su organización (Gess-Newsome y Lederman, 1999). Puesto que el contenido de la NdC se presenta muchas veces integrado en diferentes temas de ciencias, es posible que el currículo y la enseñanza de estos temas también puedan influir en las creencias del profesorado sobre la NdC. Por tanto, hace falta investigar cómo se ven afectadas las creencias del profesorado sobre la NdC cuando ésta se traslada al aula integrada con diferentes contenidos curriculares de ciencias.

Por último, pero de gran importancia, parece ser que la mayoría del profesorado no suele dar el mismo valor en la práctica a la NdC como contenido curricular que a los demás contenidos conceptuales de ciencias (Abd-El-Khalick, Bell y Lederman, 1998; Banet, 2007; Bell, Lederman y Abd-El-Khalick, 2000; Lederman, 1999), aunque *a priori* manifiesten cierto interés por la NdC como contenido curricular (Martín-Díaz, 2006). Tal vez esto pudiera deberse en parte a que el profesorado no ha recibido una formación suficiente sobre la NdC en sus estudios universitarios, pero además inciden otros factores importantes. Diversas investigaciones recientes han mostrado que los profesores pueden llegar a aprender sobre NdC e incluso a saber enseñar NdC a los estudiantes pero, como se ha apuntado más arriba, hasta aquellos profesores que han conseguido una comprensión adecuada de la NdC –y han aprendido a enseñarla– puede que no intenten desarrollarla en la práctica docente por diferentes motivos (Lederman, 2006). Por ejemplo, una de las razones más esgrimidas por el profesorado para no enseñar NdC es que a ésta no se le suele prestar atención en las pruebas institucionales de evaluación externa (Lederman, 1999). Ya se sabe que los profesores

apenas dedican tiempo a enseñar aquello que perciben con menor importancia o con poco valor institucional, de ahí la necesidad de la presencia de cuestiones sobre NdC en las diferentes evaluaciones externas que se apliquen. Lo cierto es que aún se sabe poco respecto a cómo orientar al profesorado con eficacia para que llegue a valorar realmente la NdC como un objetivo relevante de la enseñanza de las ciencias.

5. Enfoques, contextos y materiales curriculares en la enseñanza de la NdC

Como se ha indicado varias veces en este artículo, hay numerosas pruebas respecto a que una enseñanza explícita y reflexiva de la NdC es, en general, más efectiva que una enseñanza implícita para mejorar la comprensión de la NdC entre profesores y estudiantes. Pese a ello, los estudios sobre la eficacia relativa de un enfoque explícito y reflexivo en distintos contextos de aprendizaje (historia o filosofía de la ciencia, laboratorio, resolución de problemas, cuestiones tecnocientíficas controvertidas, etc.) son insuficientes todavía y deberían ser ampliados.

El enfoque explícito y reflexivo de enseñanza de la NdC se ha usado con actividades de indagación o de investigación guiada (Abd-El-Khalick, 2001; Abd-El-Khalick y Akerson, 2004; Akerson, Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Akerson y Hanuscin, 2003, 2007; Carey *et al.*, 1989; Kenyon y Reiser, 2005; Khishfe, 2008 in press; Liu y Lederman, 2002; Schwartz *et al.*, 2002; Schwartz, Lederman y Crawford, 2004). También se ha utilizado con materiales de historia de la ciencia (Akçay, 2007; Akçay y Akçay, 2007; Spellman y Oliver, 2002) y de filosofía de la ciencia (Abd-El-Khalick, 2005). Así mismo, se ha puesto en práctica mediante actividades que integran contenidos de NdC en cuestiones tecnocientíficas controvertidas con interés social y personal (Khishfe y Lederman, 2006, 2007; Matkins *et al.*, 2002) y en cursos de ciencias (Abd-El-Khalick, 2000; Akerson y Abd-El-Khalick, 2000; Akerson, Morrison y McDuffie, 2006; Dickinson, Abd-El-Khalick y Lederman 1999; Gess-Newsome, 2002; Hanuscin, Akerson y Phillipson-Mower, 2006; Hanuscin, Pareja y Phillipson-Mower, 2005; Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002). De manera general, predominan los resultados positivos en los trabajos citados, aunque suelen ser mejores en la formación del profesorado que en la de los estudiantes.

A pesar de ello, aún se necesita saber mucho más sobre la eficacia relativa de ambos enfoques –implícito y explícito– en contextos diferentes; por ejemplo, si un enfoque implícito en un trabajo en el laboratorio es más o menos eficaz que uno explícito en un estudio de caso histórico o en una actividad de un asunto tecnocientífico controvertido con interés social y personal, o si tal vez pudiera ser más eficaz una combinación de ambos enfoques que cada uno de ellos por separado (Hanuscin, Pareja y Phillipson-Mower, 2005; Moss, Abrams, y Robb, 2001; Ryder y Leach, 1999; Seker y Welch, 2005, 2006). En definitiva, es necesario investigar mucho más las posibilidades de ambos enfoques en distintos contextos de aprendizaje e incluso de una combinación de ambos.

Por último, generalmente suele asumirse como hipótesis que los estudiantes aprenden mejor aspectos de NdC si los contenidos de ésta se integran en los temas de ciencias habituales que si se enseñan de manera separada (Brickhouse *et al.*, 2000; Clough, 2003; Ryder, Leach y Driver, 1999; Schwartz, 2006). Por ejemplo, es posible que los estudiantes aprendan sobre la provisionalidad del conocimiento científico a la vez que

aprenden algo de los modelos atómicos, o sobre las relaciones mutuas entre ciencia y sociedad mientras aprenden acerca de la evolución de las especies. Sin embargo, aún son escasas las investigaciones que han tratado a fondo este asunto en la práctica docente (Clough, 2001, 2003). Los pocos datos disponibles hasta ahora muestran que con una enseñanza explícita y reflexiva de la NdC se pueden conseguir resultados satisfactorios tanto si los contenidos de NdC se integran en determinados temas de ciencias (Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002) como si se insertan actividades específicas de NdC en las lecciones de ciencias por separado de los demás contenidos (Leach, Hind y Ryder, 2003; Lederman y Abd-El-Khalick, 1998); es decir, todavía no ha sido posible decantarse con claridad a favor de un enfoque u otro (Khishfe y Lederman, 2006, 2007). Es preciso, pues, hacer más investigaciones sistemáticas que comparen la eficacia relativa de ambos métodos e incluso de una combinación de los dos (Clough, 2003). Por otra parte, si la NdC se enseña integrada en otros temas de ciencias, la dificultad de éstos podría interferir en su aprendizaje (Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002; Khishfe y Lederman, 2007). En tal caso, ¿debería limitarse el contexto curricular para la enseñanza de la NdC a aquellos temas de ciencias que sean relativamente accesibles? Ésta es una cuestión que también necesita una respuesta de la investigación.

6. Naturaleza de la ciencia vs. naturaleza de las ciencias

Para terminar esta sección, se abordará una cuestión que va más allá de lo mostrado en el esquema de la figura 1. Como su propio nombre indica, la NdC se trata en la bibliografía especializada casi siempre de manera genérica y común para todas las asignaturas de ciencias experimentales. No obstante, cada vez está surgiendo más la opinión de que cada disciplina podría tener ciertos rasgos específicos de NdC. De esta forma, términos como "naturaleza de las ciencias", "naturaleza de la biología", "naturaleza de la química" o "naturaleza de la física" empiezan a oírse en algunos congresos internacionales de didáctica de las ciencias. ¿Difieren, pues, ciencias como la biología, la química, la física o la geología en las principales características de su naturaleza? Aunque intuitivamente quizás podría pensarse que los rasgos de las diversas ciencias experimentales son diferentes, apenas se ha investigado sobre este asunto, con excepción de la tesis de doctorado de Schwartz (2004) y los trabajos derivados de ella (Schwartz y Lederman, 2004, 2005, 2006a,b, 2008 in press), cuyos resultados no parecen apoyar tal hipótesis con claridad suficiente. Esta línea de investigación está relacionada también con la sugerencia de extender la evaluación de creencias sobre la NdC a científicos de diversas disciplinas, como se mencionó en el tercer apartado de esta sección. Las implicaciones que esto podría tener para la enseñanza de la NdC son significativas porque, si los principales aspectos de la NdC de cada disciplina científica fueran sustancialmente distintos de los correspondientes a las otras disciplinas, la caracterización de la NdC en el aula también tendría que ser diferente en las diversas materias (Samarapungavan, Westby y Bodner, 2006). Indudablemente, también se necesita averiguar mucho más sobre este asunto.

EPÍLOGO

El propósito de este estudio ha sido hacer un análisis del estado actual del estatus de la NdC en la didáctica de las ciencias desde una posición crítica, pero manteniendo

siempre un punto de vista favorable a su inclusión en la enseñanza de las ciencias. Para ello, se ha revisado una parte de la bibliografía reciente sobre la investigación realizada en este campo, reflejada en las casi doscientas treinta referencias citadas, con atención preferente –pero no exclusiva– a las publicadas en las tres principales revistas mundiales de didáctica de las ciencias –*Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education* e *International Journal of Science Education*– y a un importante número de trabajos presentados en los congresos organizados por prestigiosas asociaciones profesionales de ámbito internacional. A la vez, se reflexiona sobre diversos asuntos relevantes de la enseñanza y el aprendizaje de la NdC, de los cuales la investigación en didáctica de las ciencias tendría que ocuparse durante los próximos años.

En el artículo subyace un claro apoyo al valor de la NdC en la educación científica, pero de su lectura también se desprende que aún son necesarias muchas más pruebas empíricas para llegar a afirmar que realmente una adecuada comprensión de la NdC puede contribuir de un modo positivo a que: (i) el profesorado de ciencias adquiera más competencia y cualificación profesional en su práctica docente, y (ii) los estudiantes y las personas adultas sean capaces de desarrollar actitudes y creencias más adecuadas sobre la ciencia que les ayuden a alcanzar una alfabetización científica más completa. Estos dos asuntos clave también son unos buenos propósitos a los que la investigación educativa sobre la NdC debería intentar dar respuesta en un futuro próximo. Todo ello podría constituir un ambicioso programa de investigación en didáctica de las ciencias, cuya implantación no debería esperar tanto tiempo como el que sugiere el título de aquella famosa y laureada película de finales de los años cuarenta que fue “*De aquí a la eternidad*”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAAS, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- AAAS, AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2000). Improving elementary teacher' conceptions of nature of science in the context of a science content course. En P. A. Rubba, J. A. Rye, P. F. Keig y W. J. Di Biase (Eds.), *Proceedings of the 2000 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 366-398). Pensacola, FL: ASTE.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2001). Embedding nature of science instruction in preservice elementary science: abandoning scientism, but... *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 215-233.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2003). Socioscientific issues in pre-college science classrooms. En D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning of socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 41-61). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- ABD-EL-KHALICK, F. (2005). Developing deeper understandings of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), 15-42.
- ABD-EL-KHALICK, F. y AKERSON, V. L. (2004). Learning as conceptual change: factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88(5), 785-810.
- ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L. y LEDERMAN, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- ABD-EL-KHALICK, F., BOUJAOUDE, S., DUSCHL, R., LEDERMAN, N. G., MAMLOK-NAAMAN, R., HOFSTEIN, A., NIAZ, M., TREAGUST, D. y TUAN, H.-L. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- ACEVEDO, J. A. (1996). La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 26, 131-144. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2004, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo9.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52(1), 5-16. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo18.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2005). TIMSS Y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 282-301, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2006). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 369-390, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. (2007). Las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología en el estudio PISA 2006. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 394-416, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica, <http://www.rieoei.org/deloslectores/244Acevedo.PDF>.
- ACEVEDO, J. A., ACEVEDO, P., MANASSERO, M. A., OLIVA, J. M^a, PAIXÃO, M. F. y VÁZQUEZ, A. (2004). Naturaleza de la ciencia, didáctica de las ciencias,

- práctica docente y toma de decisiones tecnocientíficas. En I. P. Martins, F. Paixão y R. Vieira (Org.), *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 23-30). Aveiro (Portugal): Universidade de Aveiro. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2004, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo21.htm>.
- ACEVEDO, J. A., ACEVEDO, P., MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2001). Avances metodológicos en la investigación sobre evaluación de actitudes y creencias CTS. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica, <http://www.rieoei.org/deloslectores/Acevedo.PDF>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias. En *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm>. Versión en castellano del capítulo 1 del libro de Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 202-225, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MARTÍN-GORDILLO, M., OLIVA, J. Ma, ACEVEDO, P., PAIXÃO, M. F. y MANASSERO, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 121-140, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., PAIXÃO, M. F., ACEVEDO, P., OLIVA, J. Ma y MANASSERO, M. A. (2005). Mitos da didáctica das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino das ciências. *Ciência & Educação*, 11(1), 1-15.
- AGUIRRE, J. M., HAGGERTY, S. M. y LINDER, C. J. (1990). Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: A case study in preservice science education. *International Journal of Science Education*, 12(4), 381-390.
- AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69(4), 453-475.
- AIKENHEAD, G. S. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), *Research and the quality of science education*. Noordwijkerhout, The Netherlands (August 19-23). En http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf.

- AIKENHEAD, G. S., RYAN, A. S. y FLEMING, R. W. (1989). *Views on science-technology-society (form CDN. mc. 5)*. Saskatoon, Canadá: Department of Curriculum Studies, College of Education, University of Saskatchewan. En <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/vosts.pdf>.
- AKCAY, B. B. (2006). The influence of teachers' understanding of the nature of science on their instructional planning and classroom practices. Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Portland, OR (January 12-14).
- AKCAY, B. B. (2007). The influence of history of science course on pre-service science teachers' understanding of nature of science. Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Clearwater Beach, FL (January 4-6).
- AKCAY, B. B. y AKCAY, H. (2007). Explicit/reflective approach to enhance pre-service science teachers' understanding of the nature of science concepts. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- AKERSON, V. L. y ABD-EL-KHALICK, F. (2000). Improving preservice elementary teacher' conceptions of nature of science using a conceptual change teaching approach. En P. A. Rubba, J. A. Rye, P. F. Keig y W. J. Di Biase (Eds.), *Proceedings of the 2000 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 337-365). Pensacola, FL: ASTE.
- AKERSON, V. L. y ABD-EL-KHALICK, F. (2003). Teaching elements of nature of science: a yearlong case study of a fourth-grade teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1025-1049.
- AKERSON, V. L., ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
- AKERSON, V. L. y BUZZELLI, C. A. (2007a). Pre-service early childhood teachers' cultural values, ethical and intellectual developmental levels, and relationships to their views of nature of science. Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Clearwater Beach, FL (January 4-6).
- AKERSON, V. L. y BUZZELLI, C. A. (2007b). The relationship of cultural values, intellectual levels and preservice teachers' views of nature of science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- AKERSON, V. L., BUZZELLI, C. A. y DONNELLY, L. A. (2008 in press). Early childhood teachers' views of nature of science: The influence of intellectual levels, cultural values, and explicit reflective teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 45.
- AKERSON, V. L. y HANUSCIN, D. L. (2003). Primary teachers' abilities to teach via scientific inquiry while making elements of NOS explicit. Paper presented at the

- annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Philadelphia, PA.
- AKERSON, V. L. y HANUSCIN, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- AKERSON, V. L., MORRISON, J. A. y McDUFFIE, A. R. (2006). One course is not enough: preservice elementary teachers' retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 194-213.
- AKERSON, V. L. y VOLRICH, M. L. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 377-394.
- ALBE, V. (2007). Students considerations on the nature of science when interpreting a socioscientific issue. Paper presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- ALBE, V. y SIMONNEAUX, L. (2003). Epistemological thought and role play: impact on teachers opinions on mobile phone risks. Paper presented at the 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), *Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, The Netherlands (August 19-23).
- ALLCHIN, D. (2004). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88(6), 934-946.
- ALTERS, B. J. (1997a). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39-55.
- ALTERS, B. J. (1997b). Nature of science: a diversity or uniformity of ideas? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1105-1108.
- BANET, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 5-20.
- BARTHOLOMEW, H., OSBORNE, J. y RATCLIFFE, M. (2004). Teaching students ideas-about-science: five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.
- BELL, R. L. (2003). Exploring the role of the natures of science understanding in decision-making: pipe dream or possibility? En D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 63-79). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- BELL, R. L. (2005). The nature of science in instruction and learning. Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Colorado Springs, CO.
- BELL, R. L., BLAIR, L. M., CRAWFORD, B. A. y LEDERMAN, N. G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students'

- understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487-509.
- BELL, R. L. y LEDERMAN, N. G. (2000). The nature of science in decision-making: lead role, supporting character, or out of the picture? En P. A. Rubba, J. A. Rye, P. F. Keig y W. J. Di Biase (Eds.), *Proceedings of the 2000 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 470-507). Pensacola, FL: ASTE
- BELL, R. L. y LEDERMAN, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352-377.
- BELL, R. L., LEDERMAN, N. G. y ABD-EL-KHALICK, F. (1998). Implicit versus explicit nature of science instruction: an explicit response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1057-1061.
- BELL, R. L., LEDERMAN, N. G. y ABD-EL-KHALICK, F. (2000). Developing and acting upon one's conception of the nature of science: a follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 563-581.
- BELL, R. L., LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK F., MCCOMAS, W. F. y MATTHEWS, M. R. (2001). The nature of science and the science education: a bibliography. *Science & Education*, 10(1-2), 187-204.
- BELL, R. L. y MATKINS, J. J. (2003). Learning about the nature of science in an elementary science methods course: content vs. context. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Philadelphia, PA.
- BLOOM, J. W. (1989). Preservice elementary teachers' conceptions of science: science, theories and evolution. *International Journal of Science Education*, 11(4), 401-415.
- BORDA, E., BURGESS, D., BEARDEN, J. y WALKER, S. (2006). Teaching and assessing the nature of science: the use of concept mapping and the VNOS questionnaire. Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Portland, OR (January 12-14).
- BORDA, E. J., BURGESS, D. J., PLOG, C. J., DEKALB, N. y LUCE, M. (2007a). Concept mapping and the nature of science: how is it all connected? Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Clearwater Beach, FL (January 4-6).
- BORDA, E. J., BURGESS, D. J., PLOG, C. J., DEKALB, N. y LUCE, M. (2007b). Concept mapping as a learning and assessment tool for the nature of science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- BRICKHOUSE, N. W. (1989). The teaching of philosophy of science in secondary classrooms: case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, 11(4), 437-449.

- BRICKHOUSE, N. W. y BODNER, G. M. (1992). The beginning science teacher: classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), 471-485.
- BRICKHOUSE, N. W., DAGHER, Z. R., LETTS IV, W. J. y SHIPMAN, H. L. (2000). Diversity of students' views about evidence, theory, and the interface between science and religion in an astronomy course. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 340-362.
- BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices: A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), 185-199.
- BYBEE, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- CAREY, S., EVANS, R., HONDA, M., JAY, E. y UNGER, C. (1989). "An experiment is when you try it and see if it works": a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(5), 514-529.
- CENTRAL ASSOCIATION OF SCIENCE AND MATHEMATICS TEACHERS (1907). A consideration of the principles that should determine the courses in biology in the secondary schools. *School Science and Mathematics*, 7, 241-247.
- CHEN, S. (2006a). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90(5), 803-819.
- CHEN, S. (2006b). Views on Science and Education (VOSE) questionnaire. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(2), <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>.
- CHEN, S. y CHEN, H-Y. (2005). College students' views about nature of science and beliefs about teaching nature of science. Paper presented at the Eighth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST) Conference, Leeds, UK (July 15-18).
- CLOUGH, M. P. (2001). Longitudinal understanding of the nature of science following a course emphasizing contextualized & decontextualized nature of science instruction. Paper presented at the Sixth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST) Conference. Denver, CO (November 7-11).
- CLOUGH, M. P. (2003). Explicit but insufficient: additional considerations for successful NOS instruction. Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. St. Louis, MO.
- COBERN, W. W. (1993). College students conceptualizations of nature: an interpretative worldview analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 935-951.
- COBERN, W. W. (2000). The nature of science and the role of knowledge and beliefs. *Science & Education*, 9(3), 219-246.

- DAGHER, Z. R., BRICKHOUSE, N. W., SHIPMAN, H. y LETTS, W. J. (2004). How some college students represent their understandings of the nature of scientific theories. *International Journal of Science Education*, 26(6), 735-755.
- DEBOER, G. E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.
- DICKINSON, V. L., ABD-EL-KHALICK, F. S. y LEDERMAN, N. G. (1999). Changing elementary teachers' views of the NOS: effective strategies for science methods courses. En P. Rubba y J. Rye (Eds.), *Proceedings of the 1999 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 673-703). Pensacola, FL: ASTE.
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. y SCOTT, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham, UK: Open University Press.
- DUSCHL, R. A. (2000). Making the nature of science explicit. En R. Millar, J. Leach y J. Osborne (Eds.), *Improving science education: the contribution for research* (pp. 187-206). Buckingham: Open University Press.
- DUSCHL, R. A. y WRIGHT, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), 467-501.
- EFLIN, J. T., GLENNAN, S. y REISCH, R. (1999). The nature of science: a perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 107-116.
- FELSKE, D. D., CHIAPPETTA, E. y KEMPER, J. (2001). A historical examination of the nature of science and its consensus in Benchmarks and Standards. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. St. Louis, MO.
- FENSHAM, P. J. (2002). De nouveaux guides pour l'alphabetisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 2(2), 133-150.
- FERNÁNDEZ, I., GIL-PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- FLEMING, R. W. (1986a). Adolescent reasoning in socio-scientific issues, part I: social cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 677-687.
- FLEMING, R. W. (1986b). Adolescent reasoning in socio-scientific issues, part II: non-social cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(8), 689-698.
- FLICK, L. y LEDERMAN, N. G. (Eds.) (2004). *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- FRIEDMAN, A. J. y EBENEZER, J. (2005). Historical case studies: fostering high school biology students' conceptions of the nature of science. Paper presented at the

- Eighth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST) Conference, Leeds, UK (July 15-18).
- GALLAGHER, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121-133.
- GARRITZ, A. (2006a). Historia y retos de la formación de profesores (algo más sobre Lee Shulman). *Educación Química*, 17(3), 322-326.
- GARRITZ, A. (2006b). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 127-152.
- GARRITZ, A. y TRINIDAD-VELASCO, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(1), 98-103.
- GESS-NEWSOME, J. (2002). The use and impact of explicit instruction about the nature of science and science inquiry in an elementary science methods course. *Science & Education*, 11(1), 55-67.
- GESS-NEWSOME, J. y LEDERMAN, N. G. (Eds.) (1999). *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Press.
- GRACE, M. M. y RATCLIFFE, M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1157-1169.
- GWINBI, E. y MONK, M. (2003). A study of the association of attitudes to the philosophy of science with classroom contexts, academic qualification and professional training, amongst a level biology teachers in Harare, Zimbabwe. *International Journal of Science Education*, 25(4), 469-488.
- HAIDAR, A. H. (1999). Emirates pre-service and in-service teachers' views about the nature of science. *International Journal of Science Education*, 21(8), 807-822.
- HAIDAR, A. H. (2000). Professors' views on the influence of arab society on science and technology. *Journal of Science Education and Technology*, 9(3), 257-273.
- HANLEY, P., RATCLIFFE, M. y OSBORNE, J. (2007). Teachers' experiences of teaching 'ideas-about-science' and socio-scientific issues. Paper presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- HANUSCIN, D. L., AKERSON, V. L. y PHILLIPSON-MOWER, T. (2006). Integrating nature of science instruction into a physical science content course for preservice elementary teachers: NOS views of teaching assistants. *Science Education*, 90(5), 912-935.
- HANUSCIN, D. L., PAREJA, E. y PHILLIPSON-MOWER, T. (2005). Integration of NOS instruction into a physical science content course for elementary teachers: enhancing efforts of teacher education programs? Paper presented at the

- Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, TX (April 4-April 7).
- HERRON, S., LAMB, T. y MORRIS, L. (2003). Explicit instruction for enhancing teachers understanding of the nature of science: is it explicit enough? Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Philadelphia, PA.
- HIPKINS, R., BARKER, M. y BOLSTAD, R. (2005). Teaching the 'nature of science': modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27(1), 243-254.
- HODSON, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24(1-2), 41-52.
- HOGAN, K. (2000). Exploring a process view of students knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84(1), 51-70.
- HSU, L-R. (2007). Taiwan experts' perspectives on what "nature of science" should be taught in elementary and secondary schools. Paper presented at the Ninth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST). Calgary, Canadá (June 24-28).
- IBÁÑEZ-ORCAJO, T. y MARTÍNEZ-AZNAR, M. (2007). Solving problems in genetics, part III: change in the view of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(6), 747-769.
- IREZ, S. (2006). Are we prepared?: an assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science. *Science Education*, 90(6), 1113-1143.
- JENKINS, E. W. (1996). The "nature of science" as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 137-150.
- KENYON, L. y REISER, B. J. (2005). Students' epistemologies of science and their influence on inquiry practices. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX (April 4 - April 7).
- KHISHFE, R. (2006). Nature of science and decision making on socioscientific issues. Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Portland, OR (January 12-14).
- KHISHFE, R. (2008 in press). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45.
- KHISHFE, R. y ABD-EL-KHALICK, F. (2002). Influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-581.
- KHISHFE, R. y LEDERMAN, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.

- KHISHFE, R. y LEDERMAN, N. G. (2007). Relationship between instructional context and views of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(8), 939-961.
- KIM, B. S., KO, E. K., LEDERMAN, N. G. y LEDERMAN, J. S. (2005). A developmental continuum of pedagogical content knowledge for nature of science instruction. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, TX (April 4-7).
- KING, B. B. (1991). Beginning teachers' knowledge of and attitudes toward history and philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 135-141.
- KLOPFER, L. E. (1992). An historical perspective on the history and nature of science in school science programs. En R. Bybee, J. D. Ellis, J. R. Giese y L. Parisi (Eds.), *Teaching about the history and nature of science and technology* (pp. 105-130). Colorado Springs, CO: Background Papers, BSCS/SSEC.
- KOLSTØ, S. D. (2001). 'To trust or not to trust,...' Students' ways of dealing with a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901.
- KOLSTØ, S. D. y MESTAD, I. (2005). Learning about the nature of scientific knowledge: the imitating-science project. En K. Boersma, M. Goedhart, O. D. Jong y H. Eijkelhof (Eds.), *Research and the quality of science education* (pp. 247-258). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- KOULAIDIS, V. y OGBORN, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11(2), 173-184.
- KWAN, J. y WONG, S. L. (2007). Interactive relationships among teachers' intentions, beliefs, pedagogical content knowledge and classroom instruction on the nature of science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- LEACH, J., HIND, A. y RYDER, J. (2003). Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms. *Science Education*, 87(6), 832-848.
- LEDERMAN, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- LEDERMAN, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.
- LEDERMAN, N. G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>.
- LEDERMAN, N. G. y ABD-EL-KHALICK, F. (1998). Avoiding de-natured science: activities that promote understandings of the nature of science. En W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and*

- strategies* (pp. 83-126). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L. y SCHWARTZ, R. (2002). Views of Nature of Science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- LEDERMAN, N. G. y NIESS, M. L. (1997). The nature of science: naturally? *School Science and Mathematics*, 97(1), 1-2.
- LEDERMAN, N. G., SCHWARTZ, R., ABD-EL-KHALICK, F. y BELL, R. F. (2001). Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: an intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 1(2), 135-160.
- LEDERMAN, N. G., WADE, P. D. y BELL, R. L. (1998). Assessing understanding of the nature of science: a historical perspective. *Science & Education*, 7(6), 595-615.
- LEE, E. A. y URN, S. (2002). Development of test-items to assess students' progress in understanding the nature of science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA.
- LEE, Y. C. (2008 in press). Exploring the roles and nature of science: a case study of severe acute respiratory syndrome. *International Journal of Science Education*, 30.
- LIDAR, M., LUNDQVIST, E. y ÖSTMAN, L. (2006). Teaching and learning in the science classroom: the interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. *Science Education*, 90(1), 148-163.
- LIU, S-Y. (2007). Exploring relations between scientific epistemological beliefs and decision making on a socioscientific issue. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- LIU, S-Y. y LEDERMAN, N. G. (2002). Taiwanese gifted students' views of nature of science. *School Science and Mathematics*, 102(3), 114-123.
- LIU, S-Y. y LEDERMAN, N. G. (2007). Exploring prospective teachers' worldviews and conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(10), 1281-1307.
- LIU, S-Y. y TSAI, C-C. (2008 in press). Differences in the scientific epistemological views of undergraduate students. *International Journal of Science Education*, 30.
- LÓPEZ y MOTA, A. D. y RODRÍGUEZ-PINEDA, D. P. (2006). ¿Cómo se articulan las concepciones epistemológicas y de aprendizaje con la práctica docente en el aula? Tres estudios de caso de profesores de secundaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(31), 1307-1335.

- MANASSERO, M. A. y VÁZQUEZ, A. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 37, 187-208.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2003). *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service. Información en <http://www.ets.org/testcoll/>.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J. A. (2004). Evaluación de las actitudes del profesorado respecto a los temas CTS: nuevos avances metodológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 299-312.
- MARTÍN-DÍAZ, M. J. (2006). Educational background, teaching experience and teachers' views on the inclusion of nature of science in the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1161-1180.
- MATKINS, J. J., BELL, R., IRVING, K. y McNALL, R. (2002). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. En P. A. Rubba, J. A. Rye, W. J. Di Biase y B. A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 456-481). Pensacola, FL: ASTE.
- MCCOMAS, W. F., CLOUGH, M. P. y ALMAZROA, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. *Science & Education*, 7(6), 511-532.
- MCCOMAS, W. F. y OLSON, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 41-52). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- MELLADO, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.
- MELLADO, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science & Education*, 6(4), 331-354.
- MELLADO V. y GONZÁLEZ T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias. En J. Perales y P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 535-555). Alcoy: Marfil.
- MEICHTRY, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407.
- MILLAR, R. (2006). Twenty First Century Science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.

- MILLAR, R. y OSBORNE, J. (Eds.) (1998). *Beyond 2000. Science education for the future*. London: King's College London School of Education.
- MOSS, D. M., ABRAMS, E. D. y ROBB, J. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 23(8), 771-790.
- MORRISON, J. A., RAAB, F. e INGRAM, D. (2008 in press). Factors influencing elementary and secondary teachers' views on the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45.
- NAM, J., MAYER, V. J., y CHOI, J. (2007). Developing experienced Korean science teachers' ability to transfer their understanding of the nature of science into their classroom teaching. En "*Pedagogical content knowledge of experienced science teachers and its development in the context of curriculum reform*", Symposium presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- NIJZ, M. (2001). Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 85(6), 684-690.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. National Washington, DC: Academic Press.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- NSTA, NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (2000). *NSTA position statement: the nature of science*. NSTA Document.
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2006*. París: OECD. Traducción castellana (2006), *Evaluación de la competencia científica, lectora y matemática: un marco teórico para PISA 2006*. Madrid: INECSE.
- OGUNNIYI, M. M. (2007). Effectiveness of a discursive/argumentation-based history, philosophy and sociology of science program in enhancing teachers' conceptions of the nature of science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- OLIVA, J. M^a y ACEVEDO, J. A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 241-250, <http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>.
- OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R. y DUSCHL, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.

- OSBORNE, J., RATCLIFFE, M., COLLINS, S., MILLAR, R. y DUSCHL, R. (2001). *What should we teach about science: a Delphi study*. Evidence-based practice in science education (EPSE) Report, School of Education. London: King's College.
- PALMQUIST, B. C. y FINLEY, F. N. (1997). Preservice teachers' views of the nature of science during a postbaccalaureate science teaching program. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(6), 595-615.
- ROEHRIG, G. H. y LUFT, J. A. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24.
- RUBBA, P. A. y HARKNESS, W. L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77(4), 407-431.
- RUBBA, P. A., SCHONEWEG-BRADFORD, C. y HARKNESS, W. L. (1996). A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society instrument. *International Journal of Science Education*, 18(4), 387-400.
- RUDOLPH, J. L. (2000). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403-419.
- RUDOLPH, J. L. (2003). Portraying epistemology: school science in historical context. *Science Education*, 87(1), 64-79.
- RYAN, A. G. y AIKENHEAD, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- RYDER, J. y LEACH, J. (1999). University science students' experiences of investigative project work and their images of science. *International Journal of Science Education*, 21(9), 945-946.
- RYDER, J., LEACH, J. y DRIVER, R. (1999). Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 201-220.
- SADLER, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513- 536.
- SADLER, T. D., CHAMBERS, F. y ZEIDLER, D. (2002). Investigating the crossroads of socio-scientific issues, the nature of science, and critical thinking. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA.
- SADLER, T. D., CHAMBERS, W. F. y ZEIDLER, D. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409.
- SAMARAPUNGAHAN, A., WESTBY, E. L. y BODNER, G. M. (2006). Contextual epistemic development in science: a comparison of chemistry students and research chemists. *Science Education*, 90(3), 468-495.
- SANDOVAL, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.

- SANDOVAL, W. A. y MORRISON, K. (2003). High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369-392.
- SANDOVAL, W. A. y REISER, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), 345-372.
- SCHARMANN, L. C. y SMITH, M. U. (2001). Further thoughts on defining versus describing the nature of science: a response to Niaz. *Science Education*, 85(6), 691-693.
- SCHARMANN, L. C., SMITH, M. U., JAMES, M. y JENSEN, M. (2005). Explicit reflective nature of science instruction: evolution, intelligent design, and umbrellaology. *Journal of Science Teaching Education*, 16(1), 27-41.
- SCHWARTZ, R. (2004). *Epistemological views in authentic science practice: a cross-discipline comparison of scientists' views of nature of science and scientific inquiry*. Unpublished Doctoral Dissertation, Department of Science and Mathematics Education, Oregon State University, Corvallis, OR.
- SCHWARTZ, R. (2006). Embedding NOS instruction and assessment into an undergraduate biology course. Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Portland, OR (January 12-14).
- SCHWARTZ, R. y LEDERMAN, N. G. (2002). "It's the nature of the beast": the influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
- SCHWARTZ, R. y LEDERMAN, N. G. (2004). Epistemological views in authentic science practice: a cross-discipline comparison of scientists' views of nature of science and scientific inquiry. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Vancouver, Canadá (31 March-3 April).
- SCHWARTZ, R. y LEDERMAN, N. G. (2005). "But what do scientists say?". Scientists views of the nature of science. Paper presented at the annual International Conference of the Association for Science Teacher Education. Colorado Springs, CO.
- SCHWARTZ, R. y LEDERMAN, N. G. (2006a). Scientists' epistemological views of science. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. San Francisco, CA.
- SCHWARTZ, R. y LEDERMAN, N. G. (2006b). Exploring contextually-based views of nature of science and scientific inquiry: what scientists say. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA (April 3-7).
- SCHWARTZ, R. y LEDERMAN, N. G. (2008 in press). What scientists say: scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education*, 30.

- SCHWARTZ, R., LEDERMAN, N. G. y CRAWFORD, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.
- SCHWARTZ, R., LEDERMAN, N. G., KHISHFE, R., LEDERMAN, J. S., MATTHEWS, L. y LIU, S-Y. (2002). Explicit/reflective instructional attention to nature of science and scientific inquiry: impact on student learning. En P. A. Rubba, J. A. Rye, W. J. Di Biase y B. A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 646-667). Pensacola, FL: ASTE.
- SEKER, H. y WELSH, L. C. (2005). The comparison of explicit and implicit ways of using history of science for student understanding of the nature of science. Paper presented at the Eighth International History, Philosophy & Science Teaching (IHPST) Conference, Leeds, UK (July 15-18).
- SEKER, H. y WELSH, L. C. (2006). The use of history of mechanics in teaching motion and force units. *Science & Education*, 15(1), 55-89.
- SHULMAN, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. Traducción española (2005): El saber y entender de la profesión docente. *Estudios Públicos*, 99, 195-224.
- SHULMAN, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22. Traducción española (2005): Conocimiento y enseñanza: fundamento de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 9(2), 1-30, <http://www.ugr.es/local/recfpro/Rev92ART1.pdf>.
- SHULMAN, L. S. (1999). Foreword. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching* (pp. ix-xii). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SIMMONS, M. L. y ZEIDLER, D. L. (2003). Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific issues. En D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning of socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 81-94). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SMITH, M. U., LEDERMAN, N. G., BELL, R. L., MCCOMAS, W. F. y CLOUGH, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science: a response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1101-1103.
- SMITH, M. U. y SCHARMANN, L. C. (1999). Defining versus describing the nature of science: a pragmatic analysis of classroom teachers and science education. *Science Education*, 83(4), 493-509.
- SOUTHERLAND, S. A., JOHNSTON, A. y SOWELL, S. (2006). Describing teachers' conceptual ecologies for the nature of science. *Science Education*, 90(5), 874-906.

- SPECTOR, B., STRONG, P. y LAPORTA, T. (1998). Teaching the nature of science as an element of science, technology and society. En W. F. McComas. (Ed.), *The nature of science in science education: rationales and strategies* (pp. 267-276). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SPELLMAN, J. E. y OLIVER, J. S. (2002). The nature and history of science in science in 9th grade physical science. En P. A. Rubba, J. A. Rye, W. J. Di Biase y B. A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 annual International Conference of the Association for Science Teacher Education* (pp. 976-1006). Pensacola, FL: ASTE.
- STAVER, R. J. (2000). An example of the influence of worldview on nature of science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA.
- TOBIN, K. y McROBBIE, C. J. (1997). Beliefs about the nature of science and the enacted science curriculum. *Science & Education*, 6(4), 355-371.
- TRUMBULL, D. J., SCARANO, G. y BONNEY, R. (2006). Relations among two teachers' practices and beliefs, conceptualizations of the nature of science, and their implementation of student independent inquiry projects. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1717-1750.
- TSAI, C-C. (2000). Relationships between student scientific epistemological beliefs and perceptions of constructivist learning environments. *Educational Research*, 42(2), 193-205.
- TSAI, C-C. (2001). Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan: An analysis of students' worldviews. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1007-1016.
- TSAI, C-C. (2002). Nested epistemologies: science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771-783.
- TSAI, C-C. (2007). Teachers' scientific epistemological views: the coherence with instruction and students' views. *Science Education*, 91(2), 222-243.
- TSAI, C-C. y LIU, S-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A. y MANASSERO, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica, <http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J. A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176. Versión digital en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, 2003, <http://www.oei.es/salactsi/acevedo20.htm>.

- VÁZQUEZ, A., CASTILLEJOS, S. A., GARCÍA-RUIZ, M., GARRITZ, A., MANASSERO, M. A., MARTÍN, M., QUETGLAS, B. y RUEDA, C. (2006). Proyecto de Investigación Iberoamericano en Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS). Memoria del I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. México D.F. (19 al 23 de junio). En <http://www.oei.es/memoriasctsi/simposio/simposio09.pdf>.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, J. A. (2005). Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(1), <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, J. A. (2006). An analysis of complex multiple-choice Science-Technology-Society items: Methodological development and preliminary results. *Science Education*, 90(4), 681-706.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363, <http://www.saum.uvigo.es/reec/>.
- VIEIRA, R. M. (2003). Formação continuada de professores do 1º e 2º ciclos do ensino básico para uma educação em ciências com orientação CTS/PC. Dissertação de Doutoramento (não publicada). Universidade de Aveiro, Portugal.
- VIEIRA, R. M. y MARTINS, I. P. (2005). Práticas de professores do ensino básico orientadas numa perspectiva CTS-PC: impacte de um programa de formação. En P. Membiela e Y. Padilla (Eds.), *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTS en los inicios del siglo XXI* (pp. 81-88). Vigo: Educación Editora. En <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/>.
- WALKER, K. A. y ZEIDLER, D. L. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1387-1410.
- WATERS-ADAMS, S. (2006). The relationship between understanding of the nature of science and practice: the influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 28(8), 919-944.
- YORE, L. D., HAND, B. M. y FLORENCE, M. K. (2004). Scientists' views of science, models of writing, and science writing practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 338-369.
- YORE, L. D., FLORENCE, M. K., PEARSON, T. W. y J. WEAVER (2006). Written discourse in scientific communities: a conversation with two scientists about their views of science, use of language, role of writing in doing science, and

compatibility between their epistemic views and language. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 109-141.

- ZEIDLER, D. L., SADLER, T. D., APPLEBAUM, S., CALLAHAN, B. y AMIRI, L. (2005). Socioscientific issues in secondary school science: students' epistemological conceptions of content, NOS, and ethical sensitivity. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, TX.
- ZEIDLER, D. L., SADLER, T. D., CALLAHAN, B., BUREK, K., y APPLEBAUM, S. (2007). Advancing reflective judgment through socioscientific issues. Paper presented at the 6th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA). Malmö University, Malmö, Sweden (August 21st - August 25).
- ZEIDLER, D. L., WALKER, K. A., ACKETT, W. A. y SIMMONS, M. L. (2002). Tangled up in views: beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367.

THE STATE OF THE ART ON NATURE OF SCIENCE IN SCIENCE EDUCATION

SUMMARY

From a critical view, this study revises the state of the art on nature of science in science education, although always maintaining a favourable position to inclusion in science teaching. First, we made an approach to the meaning on "nature of science" construct. Second, that carried out for the investigation up to now is summarized. Lastly, we describe the current state of the main educational investigation lines on nature of science, and the perspectives for the future are suggested.

Key words: *Nature of science; state of the art; educational investigation; science education.*

[1] En los enfoques implícitos se supone que la mejora de la comprensión de la NdC puede conseguirse implícitamente por medio de una enseñanza basada en la adquisición de habilidades en los procesos de la ciencia –“hacer ciencia” en la escuela–, en actividades de indagación científica o en otros contenidos indirectos, como los relativos a la historia de las ciencias. Por el contrario, en los enfoques explícitos se asume que ciertos aspectos de la NdC deben abordarse de manera intencional y explícita en diversos contextos, tales como la historia y la filosofía de la ciencia, cuestiones tecnocientíficas controvertidas o prácticas de laboratorio, mediante una enseñanza basada en la indagación. Con otras palabras, una enseñanza que permita la identificación de las principales características de la NdC en el propio contexto del aprendizaje de la ciencia y que, asimismo, incluya contenidos explícitos de NdC.

[2] Una visión del mundo es un conjunto de creencias y valores que constituye el marco de referencia de una comunidad o un grupo de personas para darle sentido al mundo. Varias investigaciones han informado que muchas personas de diversas sociedades tienen una visión del mundo que es poco compatible con la visión científica del mundo (Cobern, 1993, 2000).

[3] El CDC (en inglés *Pedagogical Content Knowledge* o PCK) es un concepto introducido por Shulman (1986, 1987, 1999) para expresar el conocimiento profesional específico que desarrolla el profesorado sobre la forma de enseñar los diversos temas de una asignatura (Garritz, 2006a; Garritz y Trinidad-Velasco, 2004; Mellado, 1996). De manera muy resumida, el CDC viene a ser una amalgama entre los conocimientos sobre aspectos didácticos generales y específicos, el contexto de la enseñanza y el tema a enseñar.